

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

CHERGUI MERIEM

ZEROUANA SOUHEILA

Thème

**Etude du comportement de *Moringa Oleifera* sous
l'effet de déficit hydrique**

Soutenu publiquement le 03 /07/2024

Jury:

Président:

Mr ADDA Ahmed

Grade

Professeur

Encadrante:

Mme BOUZID Assia

MCB

Examinatrice :

Melle SOUALMI Nadia

MAA

Année universitaire 2023-2024

Dédicace



*Avec tous mes sentiments de respect, je dédie ma remise de
diplôme et ma joie*

*A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie
et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin,
ma moitié Maman.*

*A celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et
d'affection, à mon support qui était toujours à mes cotés pour me
soutenir et m'encourager, à mon prince papa.*

A mon frère Omar pour l'amour qu'il me réserve.

*A mes chère sœurs Hiba et Mina qui sont la lumière et la joie de
ma vie.*

*A mon adorable Basma qui sait toujours comment procurer la
joie et le bonheur pour toute la famille.*

A tous les membres de ma grande famille, mes tantes et Oncles.

*A Ma très chère encadreur Madame Bouzid Assia qui a joué un
rôle majeur dans l'accomplissement de ce travail.*

A ma copine d'enfance et ma sœur d'âme Rabiaa.

A tout ce qui ont participé à ma réussite et à tous qui m'aiment.

CHERGUI MERIEM





Dédicace

Gloire et louanges à Allah le tout puissant »

pour toutes les bénédictions :

des parents aimants, santé, force, volonté

et surtout pour la patience dont j'ai été gratifiée

tout au long de mon parcours studieux.

Les mots justes sont difficiles à trouver pour

exprimer mes vifs remerciements à tous ceux qui étaient là pour moi.

J'ai l'honneur et le plaisir de présenter ma profonde gratitude et mes sincères

reconnaissances à mon encadreur madame Bouzid Assia pour sa précieuse aide, ses

orientations et le temps qu'elle a pu m'accorder tout au long de son encadrement.

Avec l'expression de ma reconnaissance :

je dédie ce modeste travail à ceux qui, quelque soient les termes embrassés, je

n'arrive jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A mon cher père Abdallah aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le

dévouement et le respect que j'ai toujours eus pour vous, rien au monde ne vaut les

efforts fournis jours et nuits par mon éducation et mon bien être.

A la femme qu'a souffert sans me laisser souffrir qui n'a jamais dit non à mes

exigences et qu'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse mon adorable Mère.

À ma deuxième mère Faïza

Mes chères sœurs Amel et boutaina

A mes filles Maria milissa

À l'âme de mon frère qui ne m'a jamais quitté, Mukhtar

Mon cher cousin zhor ilhem

.A mes chers amis et a tous ceux qui m'ont soutenu de loin ou de près dans la

contribution de travail.

ZEROUANA SOUHEILA

Remerciements

Louange à celui qui mérite les remerciements le mieux d'une créature : Allah, le Tout Puissant qui m'a donné ce qu'il faut pour arriver à ce stade

Nous souhaitons exprimer notre gratitude pour ses conseils, son aide, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions à notre encadrante madame ***Bouzid Assia***.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers tous les membres du jury ***Mr Adda Ahmed et Mme SOUALMI Nadia*** qui ont accepté de consacrer une partie de leur temps précieux à examiner ce travail.

Nous exprimons aussi notre gratitude envers tous les professeurs qui ont apporté leur contribution à notre formation tout au long de nos années d'études.

Il est important de mentionner également les ingénieurs des laboratoires de la faculté SNV Ibn Khaldoun Tiaret qui ont fourni les produits et le matériel requis pour mener à bien ce travail.

Enfin, nous exprimons également notre gratitude envers tous les étudiants de notre promotion et nous leur souhaitons une excellente continuation dans leur vie. Et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

ملخص

في هذه الدراسة، كان هدفنا تسليط الضوء على نبات المورينجا أوليفيرا لام، وهو نبات يستخدم بكثرة في الطب وعلف الحيوانات. قمنا بدراسة تأثير العجز المائي على إنبات المورينغا أوليفيرا، وكذلك تأثيره على بعض المؤشرات المورفولوجية والكيميائية الحيوية.

يساعد العجز المائي على نمو ارتفاع أكثر وضوحًا في نباتات المورينجا أوليفيرا الصغيرة، مما يؤدي إلى زيادة عدد الأوراق وطولها وعرضها ومساحتها السطحية. وهكذا، يؤدي نقص المياه إلى ارتفاع محتوى الكلوروفيل في نباتات المورينغا أوليفيرا مقارنة بالنباتات المزروعة في ظروف الري العادية. ويقترن ذلك بزيادة في محتوى السكر القابل للذوبان.

الكلمات المفتاحية: مورينجا أوليفيرا لام، العجز المائي، المؤشرات المورفولوجية، المؤشرات الكيميائية الحيوية، النمو.

Résumé

Dans cette étude, notre objectif était de mettre en valeur *Moringa Oleifera* Lam, une plante fréquemment utilisée en médecine et dans l'alimentation animale. Nous avons étudié l'effet du des hydrique sur la germination de *Moringa Oleifera*, ainsi que son influence sur certains paramètres morphologiques et biochimiques.

Le déficit hydrique favorise une croissance en hauteur plus marquée chez les jeunes plants de *Moringa Oleifera*, il entraîne une augmentation du nombre, de la longueur, la largeur et de la surface des feuilles. Ainsi, le déficit hydrique conduit à un taux de chlorophylle plus élevé chez *Moringa Oleifera* par rapport aux plantes cultivées dans des conditions d'irrigation normales. Cela est combine avec une augmentation de la teneur en sucres solubles.

Mots clés : *Moringa oleifera* Lam,, déficit hydrique, paramètres morphologiques, paramètres biochimiques, croissance.

Abstract

In this study, our aim was to highlight *Moringa Oleifera* Lam, a plant frequently used in medicine and animal feed. We studied the effect of water deficit on *Moringa Oleifera* germination, as well as its influence on certain morphological and biochemical parameters.

Water deficit enhances height growth in *Moringa Oleifera* seedlings, leading to an increase in the number, length, width and surface area of leaves. Thus, water deficit leads to a higher chlorophyll content in *Moringa Oleifera* compared with plants grown under normal irrigation conditions. This is combined with an increase in soluble sugar content.

Key words: *Moringa Oleifera* Lam., water deficit, morphological parameters, biochemical parameters, growth.

Liste des figures

Figure 01 : Distribution de <i>Moringa Oleifera</i> dans le monde	page 5
Figure 02: Le tronc de <i>Moringa Oleifera</i>	page 7
Figure 03: Les branches de <i>Moringa Oleifera</i>	page 8
Figure 04: Les feuilles de <i>Moringa Oleifera</i>	page 8
Figure 05 : Les fleurs de <i>Moringa Oleifera</i>	page 9
Figure 06 : Les fruits de <i>Moringa Oleifera</i>	page 9
Figure 07 : Les graines de <i>Moringa Oleifera</i>	page 10
Figure 8 :Les graines de <i>Moringa Oleifera</i> L. 1 : Tindouf , 2 : Bechar, 3 : Egypt, 4 : Tunisie	page 20
Figure 9 : Traitement 48h, trempage des graines dans de l'eau distille pendant 48heures	Page 20
Figure 10: Installation des graines dans la chambre de culture (T: 28°C, Photopériode : 16h/8 (jour/nuit respectivement)	page 21
Figure 10: Installation des graines dans la chambre de culture (T: 28°C, Photopériode : 16h/8 (jour/nuit respectivement)	page 21
Figure11 : les deux blocs de <i>Moringa Oleifera</i>	page 22
Figure 12 : Le dispositif expérimental (sans et avec déficit hydrique)	page 22
Figure13 : A, Plante hydratée ; B, Plante stressée	page 23
Figure 14 : Variation de la hauteur des jeunes plants (cm) en fonction de la situation hydrique	page 27
Figure 15: Variation de Nombre de feuille totale en fonction de la situation hydrique	page 28
Figure 16: Variation de de la longueur des feuilles (cm) en fonction de la situation hydrique et la plante	page 29
Figure 17: Variation de largeur des feuilles (cm) en fonction de la situation hydrique et la plante	page 31
Figure 18: Variation de la surface foliaire en fonction de la situation hydrique et la plante	page 32
Figure 19: Variation de taux de chlorophylle (SPAD) en fonction de la situation hydrique	page 33
Figure 20: Variation Teneur en sucre soluble (g/100gMF) en fonction de la situation hydrique	page 34

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les différentes espèces de <i>Moringa</i>	page 6
Tableau02 : limites écologiques de <i>Moringa Oleifera</i>	page 11
Tableau 03 : Valeur nutritionnelle moyenne de 100 grammes de feuilles de <i>Moringa Oleifera</i> fraîches	page 11
Tableau 04: Les caractéristiques des géotypes utilisés	page 19
Tableau 5: Analyse de la variance de la hauteur des jeunes plants	page 27
Tableau 6: Analyse de la variance de Nombre de feuille totale	page 28
Tableau 7: Analyse de la variance de la longueur des feuilles (cm)	page 29
Tableau 8: Analyse de la variance de largeur des feuilles (cm)	page 30
Tableau 9: Analyse de la variance de la surface foliaire	page 31
Tableau 10: Analyse de la variance de taux de chlorophylle (SPAD)	page 32
Tableau 11 : Analyse de la teneur en sucre soluble (g/100gMF)	page 33

Liste des abréviations

ACSAD:	Arab Center For The Studies Of Arid Zones And Dry Lands
ADH :	Avec Déficit Hydrique
SDH :	Sans Déficit Hydrique
P1 :	Poids sec de sol(obtenu par étuvage pendant 24h à 105°C
P2 :	Poids à saturation en eau après 24h
M. Oleifera :	<i>Moringa Oleifera</i>
Cm :	centimètre
G :	gramme
Mg :	milligramme
% :	pourcentage
Kg :	kilogramme
MS :	matière sèche
°C :	degré Celsius
Ml :	millilitre
H :	heure
Nt :	nombre totale
N:	Azote
P:	Phosphore
K:	Potassium
Mg:	Magnesium
H2SO4:	acide sulfurique
Min:	minute
gMF:	gramme de matière fraîche

Table des matières

Dédicace	I
Remerciements	III
ملخص	IV
Résumé	V
Abstract	VI
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Liste des abréviations	IX
Table des matières	X
Introduction générale.....	1
Synthèse bibliographique	4
I. Généralité sur <i>Moringa Oleifera</i>	5
I.1. Historique	5
I.2. Origine	5
I.3. Distribution.....	5
I.4. Systématique.....	6
I.5. Nomenclature.....	7
I.6. Description botanique.....	7
I.6.1. Tronc.....	7
I.6.2.Branches	8
I.6.3.Feuilles	8
I.6.4. Fleurs	9
I.6.5.Fruits.....	9
I.6.6. Graines.....	10

I.7. Ecologie de <i>Moringa Oleifera</i>	10
I.8. Composition chimique et valeurs nutritionnelles des feuilles de <i>Moringa Oleifera</i>	11
I.9. Utilisations de <i>Moringa Oleifera</i>	12
I.9.1.a. Aliments	12
I.9.1.b. Cosmétiques	12
I.9.1.c. Traitement d'eau	12
I.9.1.e. Usage médicaux-traditionnel	12
II. Stress hydrique	13
II.1. Définition	13
II.2. Les causes de stress hydrique	13
II.3. Les conséquences du stress hydrique	14
II.5. Stratégies de la réponse des plantes aux stress hydrique	14
II.5.a. La stratégie d'esquive	14
II.5.b. L'évitement de la déshydratation des tissus ou la tolérance avec maintien du potentiel hydrique élevé	15
II.6. Les mécanismes morphologiques pour éviter le stress hydrique chez les plantes ..	15
II.6.1. Modification des feuilles	15
II.6.2. Modification des racines	15
II.6.3. Autres adaptations morphologiques	16
II.7. Les mécanismes physiologiques pour éviter le stress hydrique chez les plantes	16
II.7.1. Fermeture des stomates	16
II.7.2. Ajustement osmotique	16
II.7.3. Production de molécules protectrices	16
II.7.4. Hormones	16
II.7.5. L'accumulation des sucres solubles chez les plantes	16
II.7.5. 1. Stockage d'énergie	16

II.7.5. 2. Osmolytes.....	17
II.7.5. 3. Signalisation et communication	17
II.7.5. 4. Défense contre les herbivores	17
Matériel et méthodes	18
1. L'objectif de l'expérimentation	19
2. Matériel végétal utilisé.....	19
3. Conditions de conduit de l'essai	19
3.1. Localisation de l'essai.....	19
3.2. Installation de l'essai	19
4. Effet de stress Hydrique sur les caractères morphologiques et biochimiques de la jeune plante.....	21
4. Les mesures effectuées	23
4.1. Les paramètres morphologiques	23
4.2. Les paramètres biochimiques.....	23
4.2.1. Taux de chlorophylle (SPAD)	23
4.2.2. Teneur en sucre soluble (g/100gMF).....	23
5. L'étude statistique.....	24
3. Résultats	25
Illustration des Résultats	26
I. Les paramètres morphologiques de la plante	27
I.1. Hauteur des jeunes plants (cm).....	27
I.2. Nombre de feuille totale	28
I.3. Longueur des feuilles (cm).....	28
I.4. Largeur des feuilles (cm).....	30
I.4. Surface foliaire (cm ²).....	31
II. Les paramètres biochimiques	32

II.5. Taux de chlorophylle (SPAD).....	32
II.6. Teneur en sucre soluble (g/100gMF)	33
4. Discussion	35
5. Conclusion générale	38
6. Références bibliographiques	39

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie, un pays d'Afrique du Nord, fait face à un défi important : le manque d'eau. Le manque de croissant d'eau par rapport à la demande constitue une menace pour la sécurité hydrique du pays et compromet son développement économique et social (**CHABANE,2012**).

L'Algérie fait partie des pays les plus vulnérables à la pénurie d'eau dans la région méditerranéenne (**ZELLA et SMADHI,2010**). La situation géographique du pays permet d'accentuer les conséquences du stress hydrique, car il se trouve dans une zone aride et semi-aride. La lutte contre la pénurie d'eau est un défi majeur pour la durabilité du développement de l'Algérie et la préservation de son environnement (**MOZAS et GHOSN, 2013**).

Le stress hydrique se définit comme une situation dans laquelle la demande en eau dépasse les ressources disponibles dans une région donnée (**LAOUINA , 2001**).

Moringa Oleifera, communément appelé *moringa*, est une espèce de petit arbre pouvant atteindre 10 mètres de hauteur, faisant partie de la famille des *Moringaceae*(**LOUNI,2009**).

Le *Moringa*, également connu sous le nom d'« Immortel », pousse à la fois sur des sols fertiles et pauvres et n'est que légèrement affecté par les conditions climatiques difficiles telles que la sécheresse. Il pousse rapidement une fois semé ou tondu. Il peut également se régénérer après de sévères coupures (**COUPLAN, 2020**).

Le *Moringa* est un arbre polyvalent et tolérant à la sécheresse. Parmi les 13 espèces connues, *Moringa Oleifera* est particulièrement facile à planter, à propager et à croissance rapide. Les diverses utilisations économiques du *Moringa* et sa facilité de propagation ont conduit à un intérêt international croissant pour cet arbre, que l'on trouve dans les pays tropicaux (**MAVELANDY,2006**).

En raison du manque d'infrastructures, il est essentiel de développer davantage la transformation et la commercialisation du *Moringa*.

En dépit de ces difficultés, le *Moringa Oleifera* en Algérie présente un avenir prometteur en raison de l'intérêt grandissant qu'il suscite. Grâce à un soutien approprié, il pourrait jouer un rôle crucial dans la santé, la nutrition et la sécurité alimentaire de la nation (**FOIDL et al.,2001**).

En offrant à plants de *Moringa Oleifera* les conditions de croissance idéales, cette plante se développer rapidement et vigoureusement.

Alors comment le stress hydrique influe sur la culture de *Moringa Oleifera* ?

Cette étude vise à comprendre l'impact du stress hydrique sur la germination du *Moringa Oleifera* et ses conséquences sur certains paramètres morphologiques et biochimiques.

Le travail effectué est exposé dans cette mémoire en trois parties distinctes. Dans une première étape, une synthèse bibliographique est présentée. Dans une seconde partie, les stratégies et les méthodes utilisées. Dans une troisième partie, on présente les résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur *Moringa Oleifera*

I.1. Historique

Moringa Oleifera est connu depuis l'Antiquité, mais n'a été redécouvert que récemment en raison de l'énorme variété de ses utilisations potentielles. *Moringa Oleifera* appartient à la famille d'arbustes et d'arbres, *Moringaceae*, qui serait originaire d'Agra et d'Oudh, dans le nord-ouest de l'Inde et au sud de l'Himalaya. Il est aujourd'hui cultivé dans tout le Moyen-Orient, dans la quasi-totalité de la ceinture tropicale et a été introduit de l'Inde vers l'Afrique de l'Est au début du XXe siècle (MALLENKUPPE et al.,2015).

I.2. Origine

Le *Moringa*, également appelé pois conifères ou pois géants, provient du nord-ouest de l'Inde. Il est également cultivé fréquemment dans d'autres régions tropicales, telles que l'Asie tropicale, de nombreuses régions d'Afrique, l'Indonésie et l'Amérique centrale et du Sud (BOUDJENDLIA et OUDINA,2020).

I.3. Distribution

Selon les spécialistes, même si le *Moringa Oleifera* est cultivé presque partout, sa reproduction naturelle est faible. Cependant, des espèces autochtones peuvent être trouvées dans des zones tropicales humides, par exemple le long de certains cours d'eau comme le Nil et le Niger. *Moringa Oleifera* a également été vu pousser à l'état sauvage près de maisons abandonnées aux Antilles. Cette espèce se développe mieux dans des sols humides. En particulier au début de sa croissance, elle est capable de survivre sans irrigation et est sensible à la sécheresse. Il s'adapte à l'altitude, mais les performances les plus élevées se produisent à des altitudes inférieures à 700 m (WOLFROM,1993).

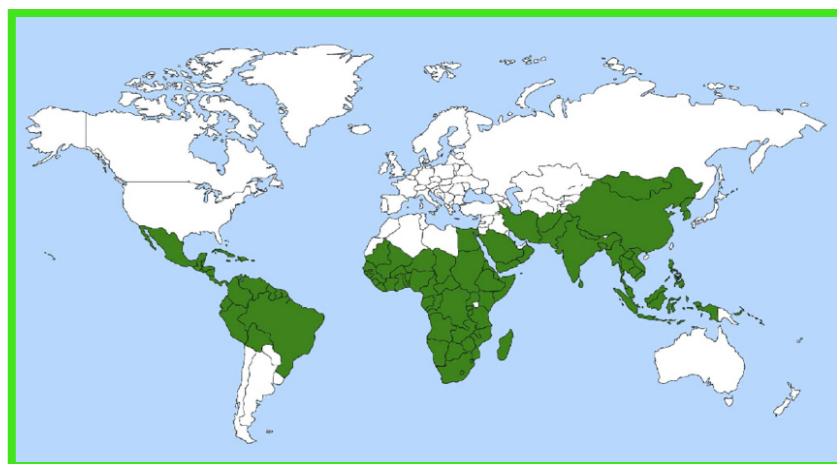


Figure 01 : Distribution de *Moringa Oleifera* dans le monde (RAMAROSON RAKOTOSAMIMANANA, 2014)

Douze autres espèces de *Moringa* sont également connues:

Tableau 01 : Les différents espèces de *Moringa*(MALLENAKUPPE et al.,2015).

Les différentes espèces de <i>Moringa</i>	
1	<i>Moringa arboria</i>
2	<i>Moringa Borziana</i>
3	<i>Moringa Drouhardi</i>
4	<i>Moringa Hildebrandtii</i>
5	<i>Moringa Longutibal</i>
6	<i>Moringa Ovalifolia</i>
7	<i>Moringa Peregrina</i>
8	<i>Moringa Pyggmaea</i>
9	<i>Moringa Rivae</i>
10	<i>Moringa Ruspoliana</i>
11	<i>Moringa Stenopetala</i>
12	<i>Moringa Arborea</i>

I.4. Systématique

- Règne Plantae
- Sous-règne Tracheobionta
- Super Division Spermatophyta
- Division Magnoliophyta
- Classe Magnoliopsida
- Sous-classe Dilleniidae
- Ordre Capparales
- Famille Moringaceae
- Genre *Moringa*
- Espèce *Oleifera*

(BOUDJENDILIA et OUDINA ,2020)

I.5. Nomenclature

Le *Moringa*, *Moringa oleifera*, est communément appelé Moringa dans le monde entier (IDRISSA et AMARA, 2020).

Nom scientifique : *Moringa Oleifera* Lamark 1975 (BELKACEMI et al., 2022).

Nom vernaculaire : *Moringa* (BELKACEMI et al., 2022)

Nom en Anglais: Drumstick tree, Horseradish tree, Mother's best friend, Radish tree, West Indian ben (LOUNI, 2009).

Nom en français: bènailé, Benzolive, *Moringa* (LOUNI, 2009).

Nom en arabe: Ruwag, Alim, Halim, Sharaga al ruwag (LOUNI, 2009).

Nom binomial: *Moringa Oleifera* (LAM, 1785).

I.6. Description botanique

Le *Moringa* est une plante vivace à croissance rapide, d'une hauteur de 7 à 12 mètres et d'un diamètre de tronc de 20 à 40 centimètres (ROLOFF et al., 2009).

I.6.1. Tronc

Le tronc est généralement droit, mais parfois très peu développé. La plante atteint généralement 1,5 à 2 mètres de hauteur avant de se ramifier, mais peut atteindre 3 mètres dans certains cas (FOIDL et al., 2001).



Figure 02: Le tronc de *Moringa Oleifera* (GARG, 2008)

I.6.2.Branches

Branches poussent de manière désordonnée et la couronne a la forme d'un parasol (MAVELANDY,2006).



Figure 03: Les branches de *Moringa Oleifera* (MATHIEU, 2022).

I.6.3.Feuilles

Les feuilles alternes bipennées ou tripennées se trouvent principalement sur les parties terminales des branches. Pétiole long de 20 à 70 cm avec 8 à 10 paires de pennes, chacune composée de 2 paires de folioles opposées et d'une foliole à l'extrémité, ovale ou oblongue et 1 longue d'environ 2 cm(BOURENANI et TEMZI , 2023).

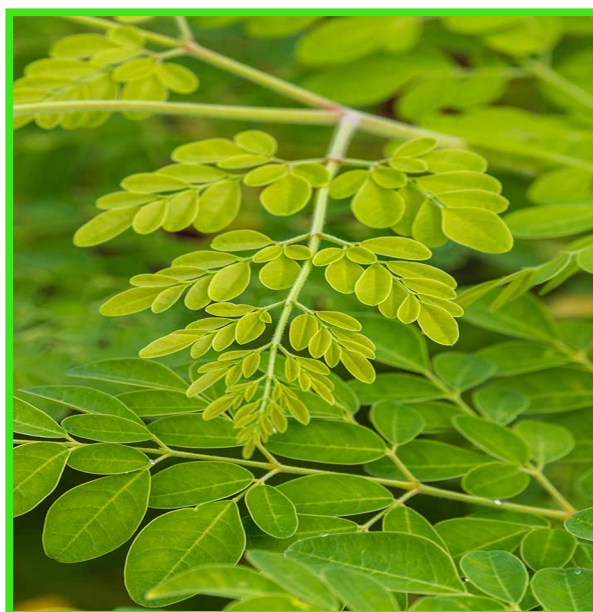


Figure 04: Les feuilles de *Moringa Oleifera*(CHIEFMORINGA,2018)

I.6.4. Fleurs

Les fleurs sont blanches ou crème avec une tache jaune à la base. Ils mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous la forme de panicules axillaires tombantes de 10 à 25 cm. Ils sont généralement riches et dégagent un arôme agréable(DADA et al., 2021) .



Figure 05 : Les fleurs de *Moringa Oleifera*(NORVI,2018)

I.6.5.Fruits

Le fruit forme des gousses trilobées de 20 à 60 cm de long et pend aux branches. Après séchage, ouvrir en trois parties. Chaque gousse contient 12 à 35 graines (MAVELANDY,2006).

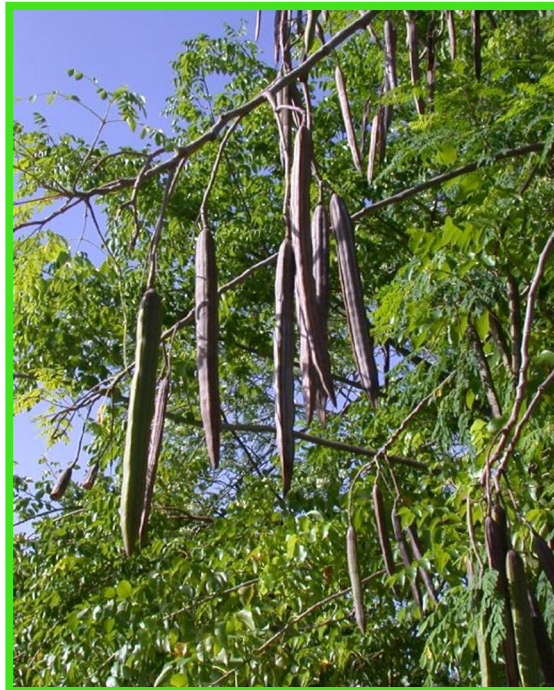


Figure 06 : Les fruits de *Moringa Oleifera* (TAWEMA,2021).

I.6.6. Graines

Les graines sont rondes et possèdent une coque brune semi-perméable. Le fuselage comporte trois ailes blanches qui s'étendent à 120 degrés de la base vers le haut. Un arbre produit entre 15 000 et 25 000 graines par an. Les graines pèsent en moyenne 0,3 g et la coque représente 25 % du poids des graines (MAKKAR et BEKRER, 1998) .



Figure 07 : Les graines de *Moringa Oleifera*(RAMAROSON RAKOTOSAMIMANANA, 2014)

I.7. Ecologie de *Moringa Oleifera*

Les sols appropriés pour cette plante ont une structure légère (sableuse), un bon drainage et une réaction neutre ou acide. De plus, il est compatible avec les sols peu profonds et les eaux stagnantes pendant la saison estivale. Il se développe dans des régions avec une moyenne annuelle de précipitations de 340 à 2 500 mm, ce qui lui permet de supporter de longues périodes de sécheresse. La température annuelle moyenne appropriée est d'environ 25 à 27,4 °C, avec une température minimale d'environ 8,6 °C et une température maximale d'environ 41 °C. Il est observable entre 0 et 660 mètres d'altitude. Il est résistant aux sols, au feu et aux termites et tolère l'ombre (MOLLER,1998).

Tableau02 : limites écologiques de *Moringa Oleifera*(LOUNI,2009)

Caractéristiques	Conditions acceptables	Conditions optimales
Altitudes	0_1500m	100_700 mètres
Température moyenne annuelle	8°C_45°C	22°C_25°C
Précipitation	100_1500 mm	700_900 mm
Types de sols	Toussauf les vertisols	Les sols sablonneux ou limoneux bien drainés
PH du sol	4.5 et 8	Neutres à légèrement acide

I.8. Composition chimique et valeurs nutritionnelles des feuilles de *Moringa Oleifera*

Les feuilles de *Moringa Oleifera* font partie de la famille des légumes feuilles verts foncés, qui sont des aliments particulièrement riches en nutriments. En particulier, les feuilles de *Moringa Oleifera* sont une bonne source de protéines, de calcium, de fer, de β -carotène (converti en vitamine A dans le corps humain), de vitamine C et de vitamine E (SAINT SAUVEUR et BROIN, 2010).

De plus, les feuilles de *Moringa Oleifera* ont un taux de matière sèche élevé (autour de 20-25%) par rapport à la plupart des autres aliments végétaux (généralement autour de 10%). Cette particularité en fait un légume frais encore plus intéressant puisque 100 g de feuilles fraîches apporteront deux fois plus de nutriments que 100 g de la plupart des autres légumes (SAINT SAUVEUR et BROIN, 2010).

Tableau 03 : Valeur nutritionnelle moyenne de 100 grammes de feuilles de *Moringa Oleifera* fraîches (BROIN 2005)

Matière sèche	20-25%
protéines	5-7 grammes
Minéraux totaux	2-3 grammes
Minéraux	
Calcium (Ca)	350-550 mg
Potassium (K)	200-500 mg
Magnésium (Mg)	80-120 mg
Phosphore (P)	50-120 mg
Fer (Fe)	5-8 mg
Manganèse (Mn)	1,2-2,5 mg
Zinc (Zn)	0,4-0,6 mg
Cuivre (Cu)	0,2-0,3 mg
Vitamines	
Vitamine C	120-200 mg
Vitamine A (β -carotène)	1500-4000 μ g eq. rétinol
Vitamine E (α -tocophérol)	150-200 mg

I.9.Utilisations de *Moringa Oleifera*

I.9.1.a. Aliments

Le *Moringa* est utilisé dans de nombreuses cuisines du monde entier, principalement dans les plats cuisinés, et il est apprécié pour ses propriétés santé bénéfiques. Le *Moringa* a beaucoup de bienfaits dans ses feuilles, pas dans ses racines, ses fleurs ou ses graines. Bien que les feuilles de *Moringa* puissent être consommées crues (cuites comme des épinards), elles sont souvent conservées séchées (MOUSSA et al., 2007).

I.9.1.b. Cosmétiques

En raison de sa teneur élevée en vitamines, minéraux et oligoéléments, le *Moringa* favorise la santé de la peau et des cheveux. Sa grande concentration en manganèse et vitamine E fait de cette plante un antioxydant puissant qui va combattre le stress oxydatif et éviter le vieillissement prématuré de la peau (rides, ridules, taches de vieillesse...) et des phanères (cheveux et ongles cassants, ternes...)(AGROCONSULT, 2016).

Le *Moringa* est également l'allié parfait pour conserver la bonne pigmentation des cheveux et de la peau, car il permet de stimuler la sécrétion de mélanine, un pigment essentiel pour un beau bronzage et pour éviter l'apparition de cheveux blancs. Il sera possible d'utiliser le *Moringa* comme complément alimentaire, mais il pourra également être incorporé dans des recettes de cosmétiques naturels telles que des cataplasmes, des masques maisons et des dentifrices(FOIDL et al., 2001).

I.9.1.c. Traitement d'eau

Après avoir été transformées en poudre, les graines du *Moringa Oleifera* peuvent être utilisées comme un flocculant naturel qui peut AJR : apports journaliers recommandés www.fondationensemble.org purifier les eaux troubles, en éliminant ainsi 90 à 99% des bactéries. En effet, il a été démontré que ce mélange de graines constitue un coagulant de premier ordre pour le traitement de l'eau des rivières possédant un haut niveau de matériel solide en suspension. Plus de 100 unités de turbidité néphélométriques. On peut préparer un mélange de graines broyées en utilisant à la fois les graines et les résidus pressés (tourteaux) obtenus lors de l'extraction de l'huile des graines(MANCEUR et DJABALLAH, 2016).

I.9.1.e. Usage médicaux-traditionnel

Les propriétés médicinales de chaque feuille, fruit, graine, racine, écorce et fleur sont uniques. Le *Moringa* traite l'anémie, la perte d'appétit et l'augmentation de la lactation chez

les femmes (douleurs de ventre, ulcères d'estomac, maux d'estomac, diarrhée, intestin rouge, colite, etc.) bien que toutes ces utilisations n'aient pas encore été scientifiquement confirmées.

Dans certains cas de diabète, le *Moringa* peut également être utilisé pour stabiliser la glycémie et la tension artérielle. En revanche, n'utilisez jamais de racines ou d'écorces de racines sur les femmes enceintes (**MANUEL REIS,2023**).

II. Stress hydrique

II.1. Définition

Le stress hydrique survient lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible sur une période donnée, ou lorsque la mauvaise qualité de l'eau limite son utilisation.

Le stress hydrique provoque la dégradation des ressources en eau douce en termes de quantité (ex. surexploitation des eaux souterraines, assèchement des rivières) et de qualité (ex. eutrophisation, pollution organique, intrusion saline) (**FOURNIER, 2001**).

Le stress causé par le manque d'eau constitue une menace permanente pour la survie de nombreuses plantes, mais entraîne des changements morphologiques et physiologiques qui leur permettent de survivre. Le stress hydrique peut résulter à la fois d'un excès ou d'un manque d'eau. Un exemple d'excès d'eau est l'inondation. Le terme « stress dû au déficit hydrique » est abrégé en « stress hydrique », car le stress causé par le manque d'eau est beaucoup plus courant (**FENDI et al., 2019**).

II.2. Les causes de stress hydrique

1. Pression de l'eau
 2. Changement climatique
 3. la déforestation
 4. Augmentation de la population mondiale (**JALIL,2023**).
 5. Modifications des modes de consommation (principalement liées à l'amélioration du niveau de vie), qui conduisent dans certains cas à un gaspillage d'eau.
 6. Agriculture intensive (irrigation des cultures)
 7. Le réchauffement climatique entraîne des émissions de gaz à effet de serre
 8. Dans certains pays très chauds, l'évaporation de l'eau peut entraîner des pénuries d'eau (**ATTIA,2007**).
-

II.3. Les conséquences du stress hydrique

Le stress hydrique s'observe d'abord chez les plantes. De telles conditions critiques peuvent réduire la croissance des plantes et autres arbres, ce qui peut avoir de graves conséquences sur les ressources alimentaires. Et à mesure que la végétation se dessèche, le risque d'incendies de forêt augmente également (DELICI et CHERIFI, 2022).

La qualité de l'eau peut également être affectée. La surexploitation des eaux souterraines et des nappes phréatiques de surface provoque une dégradation de l'eau, notamment en raison de la pollution organique, de l'émergence d'espèces végétales et animales exotiques qui perturbent les écosystèmes normaux, et même de l'intrusion d'eau salée dans les cours d'eau douce (BENAHMED, 2010).

Les ressources en eau deviennent alors un enjeu sanitaire, économique et politique mondial. Cela inclut non seulement la gestion des approvisionnements en eau, mais également la gestion des sources de pollution ayant un impact sur la santé publique et la gestion des déchets. Par ailleurs, les Nations Unies estiment que d'ici 2025, un tiers de la population mondiale sera touché par la pénurie d'eau (DELICI et CHERIFI, 2022).

II.5. Stratégies de la réponse des plantes aux stress hydrique

II.5.a. La stratégie d'esquive

La stratégie d'esquive agronomique consiste à retarder la phase saisonnière la plus sensible au déficit hydrique (floraison élevée) en sélectionnant des variétés à maturation précoce ou en semant tôt. Grâce à la densité de population et à la fertilisation azotée, il est possible de contrôler l'évolution de la surface foliaire vers une réduction de la transpiration pendant la saison de croissance afin de transférer l'eau non utilisée vers l'étape de remplissage. On parle donc de rationner (ou d'éviter) les plantes. Cela est particulièrement vrai dans les situations où l'eau est abondante et où la floraison manque dans la première partie du cycle. Dans le même temps, vous pouvez viser une complétion rapide de la couverture pour réduire l'évaporation du sol et supprimer les mauvaises herbes. Cette stratégie comprend l'utilisation de variétés à maturation précoce ainsi qu'un espacement étroit des rangs et une densité de plantation élevée. , fertilisation azotée suffisante (CINSTANTIN et al., 2014).

Grâce à des mécanismes d'esquive, les plantes peuvent maintenir un faible potentiel hydrique négatif même dans des conditions stressantes et empêcher le dessèchement des tissus. Ceci est obtenu par une absorption efficace de l'eau du sol par un système racinaire très développé ou par une conductivité hydraulique élevée des tissus. Limiter la perte en eau peut

également être obtenu en réduisant la surface de transpiration (petites feuilles ou avulsions) ou en réduisant le rayonnement bloqué (couche épicuticulaire cireuse ou lipidique). (BOUDJABI,2022).

II.5.b. L'évitement de la déshydratation des tissus ou la tolérance avec maintien du potentiel hydrique élevé

Malgré un stress hydrique sévère sur une longue période, *Moringa oleifera* a montré une tolérance au déficit hydrique en maintenant une croissance aérienne impressionnante en culture hydroponique dans des conditions contrôlées. De même, le développement des plantes était satisfaisant lorsqu'elles étaient cultivées en plein champ dans la région aride au large des côtes du désert du Sahara. Sur la base de ces résultats, on peut conclure que le moringa est une option prometteuse pour la plantation en extérieur dans les régions arides et semi-arides où les périodes sans précipitations sont fréquentes. Elle semble occuper une place importante dans le spectre des espèces potentielles pour l'agroforesterie et dans toute tentative de boisement ou de reboisement dans le contexte du changement climatique.(AMIR et al.,2023)

II.6. Les mécanismes morphologiques pour éviter le stress hydrique chez les plantes

II.6.1. Modification des feuilles

- **Feuilles réduites:** Les plantes à petites feuilles ou à feuilles découpées limitent la surface exposée au soleil, réduisant ainsi la transpiration (OLIVIER, 2024).
- **Feuilles épaisses:** Les feuilles épaisses stockent plus d'eau et ont une cuticule cireuse qui empêche la perte d'eau (OLIVIER, 2024).
- **Stomates enfoncés:** Les stomates sont des pores minuscules qui permettent à la plante d'échanger des gaz. Enfoncés dans des sillons, ils sont moins exposés au vent et à la chaleur, réduisant la transpiration (WADJEDI, 2020).
- **Poils foliaires:** Des poils denses sur la surface des feuilles créent une couche d'air isolante qui réduit la perte d'eau (MATHIEU, 2015).

II.6.2. Modification des racines

Racines profondes: Les racines profondes permettent à la plante d'accéder à l'eau dans les couches profondes du sol, même pendant les périodes de sécheresse (WOLFGANG et WENRONG, 2024).

- **Racines ramifiées:** Un système racinaire étendu et ramifié permet à la plante d'absorber l'eau plus efficacement sur une plus grande surface (BENNANE, 2016).

- **Mycorhizes:** Des champignons symbiotiques associés aux racines augmentent la surface d'absorption d'eau de la plante (FORTIN et al, 2016).

II.6.3. Autres adaptations morphologiques

- **Écorce épaisse:** Une écorce épaisse protège les tissus internes de la plante de la déshydratation (LENNE, 2024).
- **Tiges succulentes:** Les plantes succulentes stockent de grandes quantités d'eau dans leurs tiges charnues (FORTIN et al, 2016).
- **Cuticule cireuse:** Une couche cireuse sur la surface des plantes réduit la perte d'eau (SAGGAI, 2008).

II.7. Les mécanismes physiologiques pour éviter le stress hydrique chez les plantes

II.7.1. Fermeture des stomates

En cas de stress hydrique, les plantes ferment leurs stomates pour limiter la perte d'eau par transpiration, même si cela réduit également l'absorption de CO₂ nécessaire à la photosynthèse (BOUTHIER et al., 2022).

II.7.2. Ajustement osmotique

Les plantes accumulent des solutés dans leurs cellules pour créer un gradient osmotique qui attire l'eau du sol dans les cellules (JEAN et al., 2021).

II.7.3. Production de molécules protectrices

Les plantes produisent des molécules protectrices, comme les osmolytes et les antioxydants, pour minimiser les dommages causés par le stress hydrique (MAROK, 2014).

II.7.4. Hormones

L'acide abscissique (ABA) est une hormone végétale qui joue un rôle central dans la réponse au stress hydrique. Il déclenche la fermeture des stomates, l'accumulation de solutés et d'autres adaptations physiologiques (AUBERT, 2011).

II.7.5. L'accumulation des sucres solubles chez les plantes

L'accumulation des sucres solubles, principalement le saccharose et les fructanes, est un phénomène physiologique important chez les plantes. Ces sucres jouent un rôle crucial dans divers processus essentiels, notamment :

II.7.5. 1. Stockage d'énergie

Les sucres solubles sont la principale forme de stockage d'énergie chez les plantes. Ils sont produits par la photosynthèse et stockés dans les cellules végétales, principalement dans les vacuoles. Lorsque la plante a besoin d'énergie pour la croissance, la respiration ou d'autres processus, elle peut décomposer ces sucres en glucose et libérer l'énergie stockée (**BENTATA et NETACHE, 2021**).

II.7.5. 2. Osmolytes

Les sucres solubles agissent également comme osmolytes, des molécules qui aident à maintenir l'équilibre hydrique des cellules végétales. Dans les conditions de stress osmotique, comme la sécheresse ou la salinité, les plantes accumulent des sucres solubles pour créer un gradient osmotique qui attire l'eau dans les cellules et maintient leur turgescence. Cela permet aux cellules de fonctionner normalement et protège la plante des dommages causés par la déshydratation (**ABABSIA et NECIR, 2009**).

II.7.5. 3. Signalisation et communication

Les sucres solubles jouent également un rôle important dans la signalisation et la communication chez les plantes. Ils peuvent agir comme des signaux moléculaires qui régulent divers processus de développement, de croissance et de réponse au stress (**RAMEL, 2009**).

II.7.5. 4. Défense contre les herbivores

Dans certains cas, l'accumulation de sucres solubles peut servir de mécanisme de défense contre les herbivores. Des niveaux élevés de sucres solubles peuvent rendre les feuilles moins appétissantes pour les herbivores, ou même avoir des effets toxiques sur eux (**DARDEAU, 2014**).

Matériel et méthodes

1. L'objectif de l'expérimentation

Notre essai consiste à étudier l'effet de déficit hydrique sur la croissance et certains métabolites de quatre variétés de *Moringa Oleifera*. Les paramètres retenus sont d'ordres morphologiques et biochimiques.

2. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé est composé de quatre génotypes de *Moringa Oleifera*, dont le choix de ces derniers est géré par l'origine. La collecte des graines a été réalisée sur les plantes qui étaient au stade graine mature.

Tableau 04: Les caractéristiques des génotypes utilisés

Code de génotype	Site de collet des grains	Origine	Année de production
01	Tindouf	Locale	2023
02	Bechar	Locale	2022
03	Egypt	Importation	2022
04	Tunisie	Importation	2022

3. Conditions de conduit de l'essai

3.1. Localisation de l'essai

Le travail a été mené dans une serre en verre au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université IBN KHALDOUN de Tiaret.

3.2. Installation de l'essai

Les graines des 4 génotypes sont désinfectées dans une solution à hypochlorite de sodium à 1% pendant 3 minutes. Ces graines sont ensuite rincées rigoureusement et abondamment à l'eau distillée avant de commencer les tests de germination.

Les graines de *Moringa* ont été trempées dans de l'eau distillée pendant 48 heures. Après, nous avons installés des essais de germination avec six répétitions de 5 graines par boîtes pour chaque génotype. Dans chaque boîte, nous avons mis une double couche de papier filtre humidifié. Ces boîtes sont ensuite placées dans une étuve réglée à 28°C pendant 48 heures.

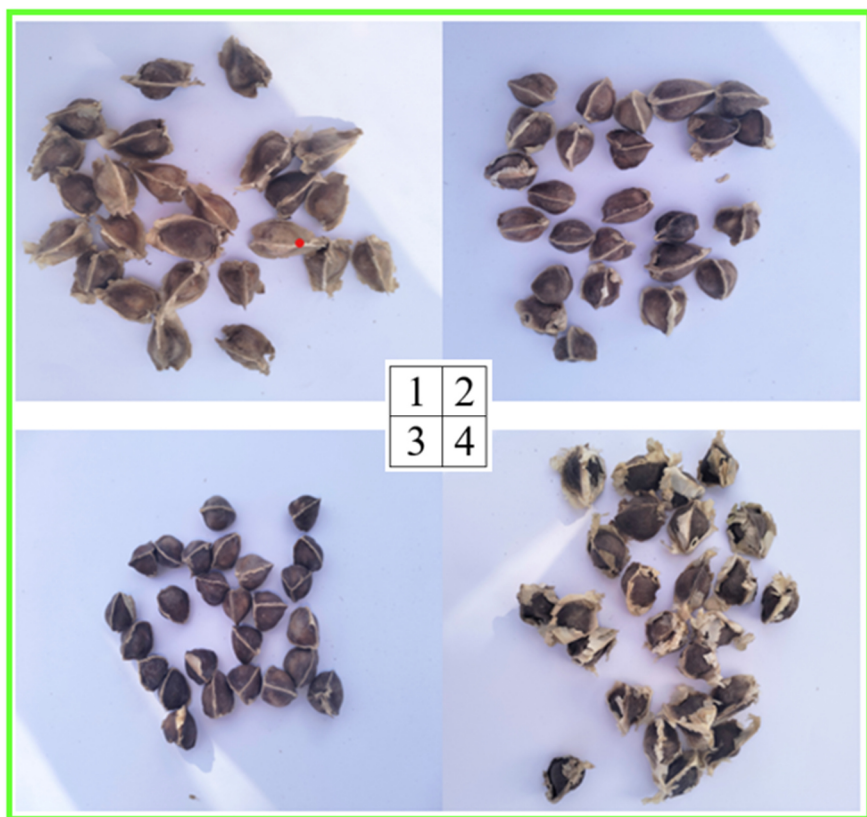


Figure 8 : Les graines de *Moringa Oleifera* L. 1 : Tindouf , 2 : Bechar, 3 : Egypt, 4 : Tunisie



Figure 9 : Traitement 48h, trempage des graines dans de l'eau distille pendant 48heures.

Après 48heurs, les boites ont été incubées pendant 15 jours dans une chambre de culture à une température de 28°C, avec une période de photopériode de 16h/8 (jour/nuit respectivement).



Figure 10: Installation des graines dans la chambre de culture (T: 28°C, Photopériode : 16h/8 (jour/nuit respectivement))

Le repiquage des grains germés est réalisé dans des pots en plastique de 20 cm de long et de 10cm de diamètre remplis d'un substrat homogène de sable et terreau (3 volumes de sable / 1 volume terreau).

La capacité au champ a été calculée selon le rapport suivant :

$$\text{Capacité au champ (CC)} = (P2-P1) / P1.100$$

Ou : P1= poids sec de sable (obtenu par étuvage pendant 24h à 105°C)

P2=poids à saturation en eau après 24h

4. Effet de stress Hydrique sur les caractères morphologiques et biochimiques de la jeune plante

Les pots sont disposés en randomisation totale, selon deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique (ADH, SDH) ce qui donne un total de 15 arbres. Les plants dans le lot témoin (SDH) sont conduits sous un régime d'irrigation de 100% de la capacité au champ. Après 45 jours de développement des arbres, on a procédé par un arrêt d'irrigation pour ceux du lot ADH pour une durée de 1 mois.



Figure11 : les deux blocs de Moringa Oleifera

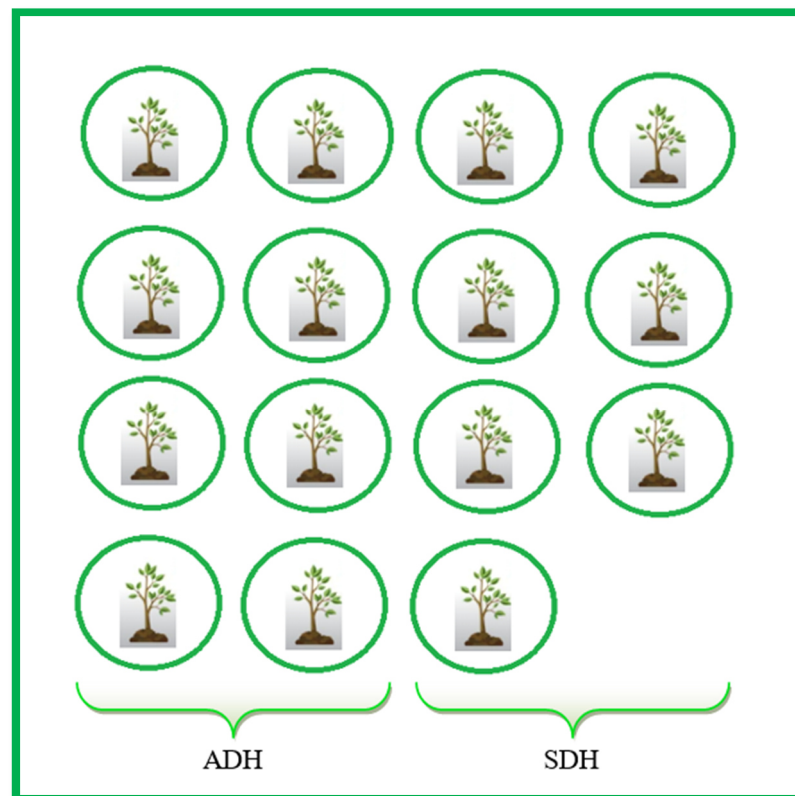


Figure 12 : Le dispositif expérimental (sans et avec déficit hydrique)

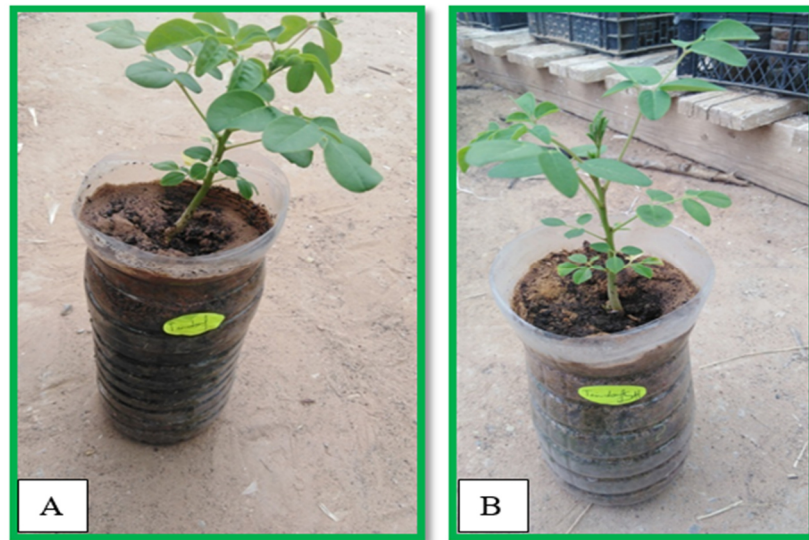


Figure13 : A, Plante hydratée ; B, Plante stressée

4. Les mesures effectuées

4.1. Les paramètres morphologiques

Les paramètres morphologiques mesurés sont :

1. La hauteur des jeunes plants (cm)
2. Le nombre de feuille totale, ce dénombrement permet d'évaluer dans le temps le dans le temps le développement foliaire.
3. La longueur des feuilles (cm)
4. La largeur des feuilles (cm)
5. La surface du limbe, obtenue par l'utilisation d'un logiciel MESERUM Pro. version 3.4.

4.2. Les paramètres biochimiques

4.2.1. Taux de chlorophylle (SPAD)

Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles a été mesuré à l'aide d'un chlorophyllomètre SPAD 502 de marque Minolta. Trois prises de mesure ont été effectuées au niveau de la feuille conduite sous les deux situations hydriques.

4.2.2. Teneur en sucre soluble (g/100gMF)

Les sucres simples (glucose, fructose et saccharose) sont extraits par un solvant capable de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques susceptibles de les dégrader, ils sont dosés par la méthode de Schields et Burnett (1960) in Labdelli, (2011).

Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, ce dernier très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une corrélation bleu vert avec l'anthrone.

Le matériel végétal prélevé des feuilles est laissé 24h dans 2ml d'éthanol à 80%. L'extrait obtenu est dilué 10 fois avec l'éthanol à 80%. De la solution obtenue, 1ml sont prélevés auxquels on ajoute 2 ml de réactif composé de 0.2 mg d'anthrone pur additionnée à 100ml d'acide sulfurique H_2SO_4 . Le réactif est préparé 4 heures à l'avance. Le mélange extrait réactif doit être maintenu dans la glace fondante.

Après agitation, les tubes sont placés au bain marie à 92°C pendant 8 min. puis refroidis pendant 30min à l'obscurité. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 585nm. La concentration des sucres est exprimée en mg/100mg de matière fraîche.

5. L'étude statistique

Les données des différents essais que comporte cette étude ont fait l'objet d'une analyse statistique (ANOVA et résultats moyens) par STATISTICA Version 8.0.

3. Résultats

Illustration des Résultats

Nous avons mené une étude sur quatre variétés de *Moringa Oleifera* en débutant par leur germination. Cependant, une seule variété Tindouf (Locale, 2023) a réussi à produire des plants viables. Nous avons appliqué un stress hydrique sur cette variété. La différence clé entre les variétés utilisées réside dans le fait que la variété ayant germé avec succès a été récemment récoltée, tandis que les autres proviennent de l'année précédente. Cette distinction suggère que la durée de vie des graines joue un rôle crucial dans leur capacité à germer. Ce qui pourrait expliquer pourquoi la variété nouvellement récoltée a été capable de surmonter les conditions de stress hydrique et de se développer, contrairement aux graines plus anciennes dont la viabilité a probablement diminué au fil du temps.

I. Les paramètres morphologiques de la plante

I.1. Hauteur des jeunes plants (cm)

Le tableau 5 représente les résultats d'analyse de la variance de la hauteur des jeunes plants. Il existe des différences significatives ($P \leq 0,05$) entre les situations hydriques adoptées. Les variations de la hauteur des tiges des jeunes plants de *Moringa Oleifera* en fonction de la situation hydrique sont illustrées dans la figure 14. La hauteur moyenne des jeunes plantes pour le groupe sans déficit hydrique (SDH) était de 10cm. En ce qui concerne le groupe avec déficit hydrique (ADH), la taille moyenne des jeunes plantes était de 14cm. Cela signifie que la hauteur des jeunes plants était significativement affectée par le déficit hydrique.

Tableau 5: Analyse de la variance de la hauteur des jeunes plants

	F	p
Situation hydrique	7,7556 **	0,0237

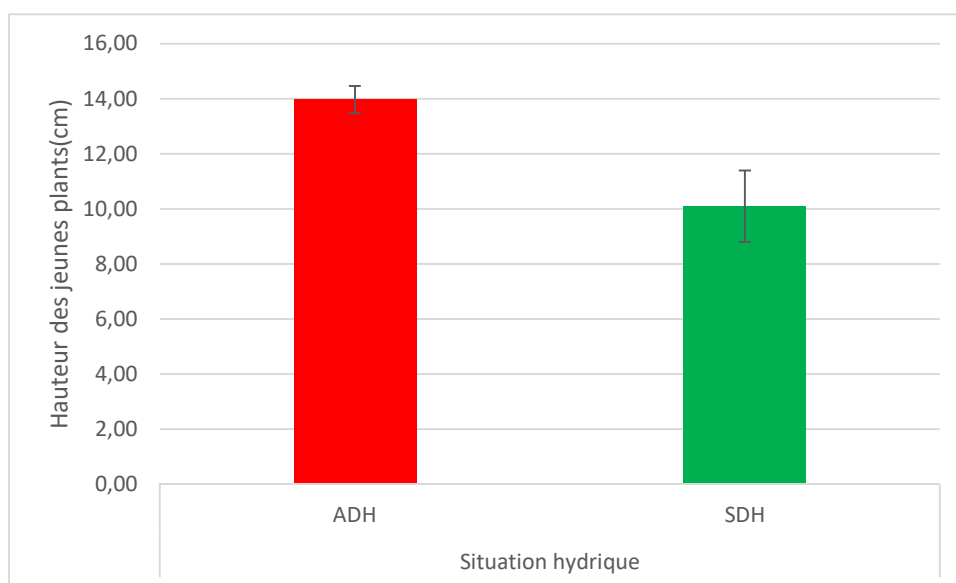


Figure 14 : Variation de la hauteur des jeunes plants (cm) en fonction de la situation hydrique

I.2. Nombre de feuille totale

Le tableau 6 représente les résultats d'analyse de la variance de nombre de feuilles totale. La situation hydrique a un effet significatif sur le nombre des feuilles totales de *Moringa Oleifera*. ($F=2.8252$, $p=0.1313$) avec $p<0.05$.

Tableau 6: Analyse de la variance de Nombre de feuille totale

	F	p
Situation hydrique	2,8252ns	0,1313

Les variations de nombre de feuille totale *Moringa Oleifera* en fonction de la situation hydrique sont illustrées dans la figure 15.

Les résultats montrent que le nombre de feuilles totales est plus élevé dans les situations de stress hydrique que dans les situations témoins, cela signifie que les plantes qui subissent un stress hydrique ont tendance à produire plus de feuilles.

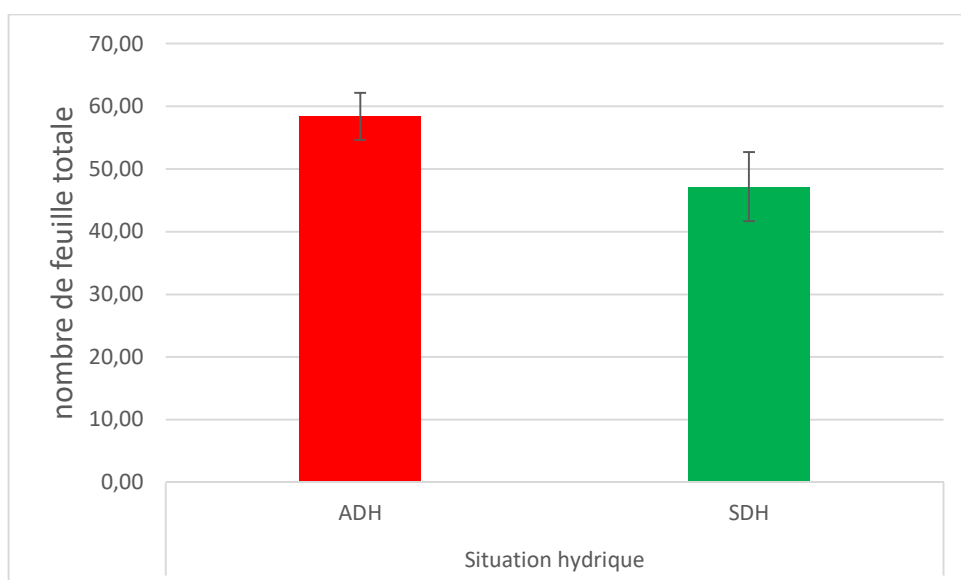


Figure 15: Variation de Nombre de feuille totale en fonction de la situation hydrique

I.3. Longueur des feuilles (cm)

Le tableau 7 représente l'analyse de la variance de la longueur de feuilles (cm) présente une analyse de variance (ANOVA) des données sur la longueur des feuilles de *Moringa Oleifera*.

La valeur de F associé au facteur « situation hydrique » est de 28.929 avec une valeur de P de 0.0000. Ce résultat indique que l'effet du stress hydrique sur la longueur des feuilles est statistiquement significatif ($P<0.05$)

La valeur de F associé au facteur « plante » est de 32.821, avec une valeur de P de 0.0000. Ce résultat indique que l'effet de la plante sur la longueur de la feuille est également statistiquement significatif de ($P < 0.05$)

L'interaction «situation hydrique, plante » est de 5.107 avec une valeur de P de 0,0053. Ce résultat indique que l'effet du stress hydrique et la plante à ce qui concerne sur la longueur des feuilles est statistiquement significatif ($P < 0.05$)

Tableau 7: Analyse de la variance de la longueur des feuilles (cm)

	F	p
Situation hydrique	28,929***	0,0000
plante	32,821***	0,0000
Situation hydrique*plante	5,107***	0,0053

Les résultats obtenus montrent que la longueur des feuilles est généralement plus élevée dans les situations avec déficit hydrique que dans les situations sans déficit hydrique.

Les plantes p1, p2, p4 et p5 de la situation ADH ont une longueur plus haut par rapport les plantes de la situation de SDH.

La plante p3 de la situation ADH est courte par rapport P3 de la situation de SDH.

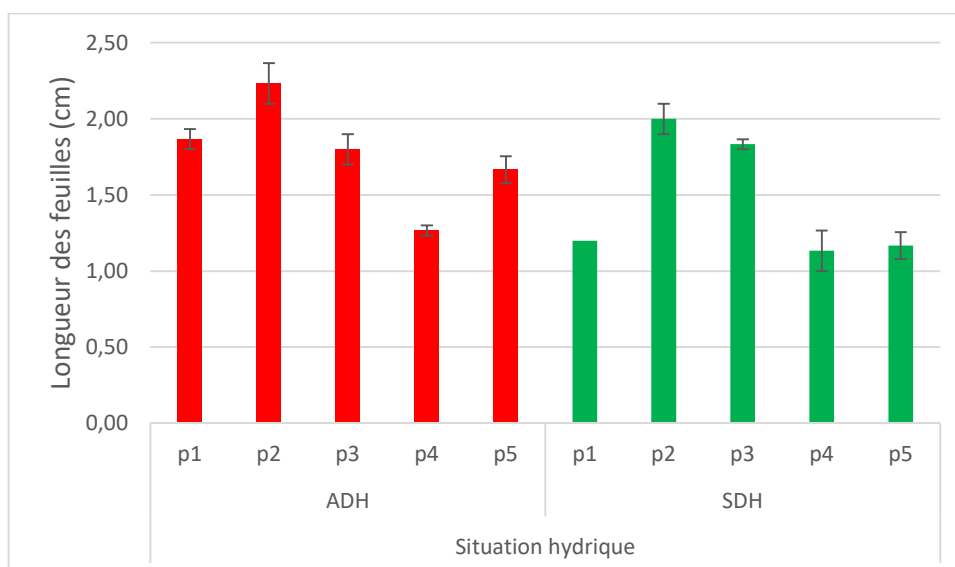


Figure 16: Variation de de la longueur des feuilles (cm) en fonction de la situation hydrique et la plante

I.4. Largeur des feuilles (cm)

Le tableau 8 représente l'Analyse de la variance de largeur des feuilles (cm).

La valeur de F associé au facteur « situation hydrique » est de 25.941 avec une valeur de P de 0.000. Ce résultat indique que l'effet du stress hydrique sur la largeur des feuilles est statistiquement significatif ($P < 0.05$)

La valeur de F associé au facteur « plante » est de 15.831, avec une valeur de P de 0.000. Ce résultat indique que l'effet de la plante sur la largeur de la feuille est également statistiquement significatif de ($P < 0.05$)

L'interaction « situation hydrique, plante » est de 6.566 avec une valeur de P de 0,002. Ce résultat indique que l'effet du stress hydrique et la plante à ce qui concerne sur la longueur des feuilles est statistiquement significatif ($P < 0.05$)

Tableau 8: Analyse de la variance de largeur des feuilles (cm)

	F	p
Situation hydrique	25,941***	0,000
plante	15,831***	0,000
Situation hydrique*plante	6,566***	0,002

La largeur des feuilles semble être globalement plus importante pour les plantes exposées à l'ADH que pour celles exposées à la SDH (Figure 17).

Pour les plantes exposées à l'ADH, la largeur des feuilles tend à augmenter avec la situation hydrique, atteignant un maximum pour P2 avant de diminuer et réaugmenté légèrement pour P5.

Pour les plantes exposées à la SDH, la largeur des feuilles semble être relativement stable pour toutes les situations hydriques, avec une légère augmentation pour P4 et P5.

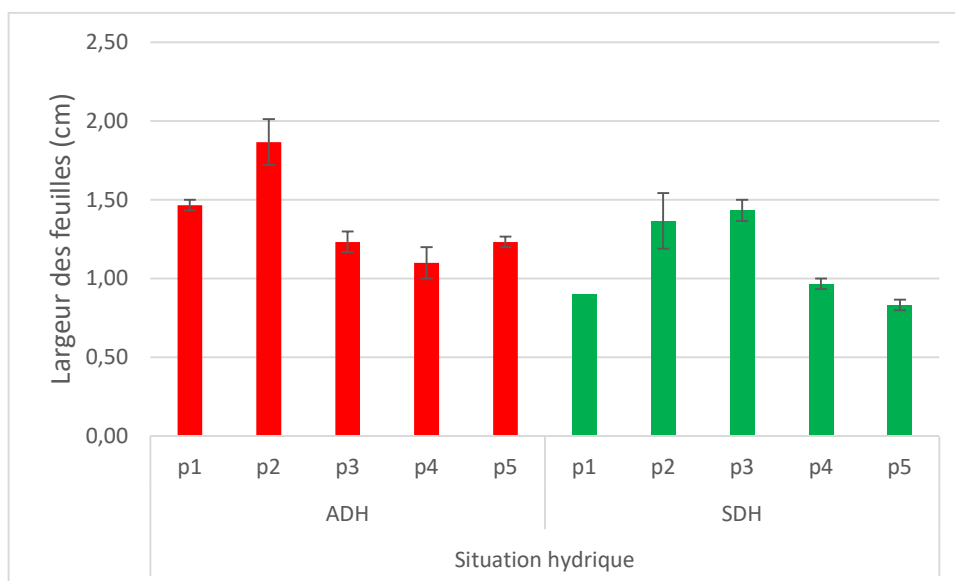


Figure 17: Variation de largeur des feuilles (cm) en fonction de la situation hydrique et la plante

I.4. Surface foliaire (cm²)

La surface foliaire est un paramètre important de la croissance des plantes car elle influence la photosynthèse et la transpiration.

L'analyse de la variance (tableau 9) a montré un effet significatif de la situation hydrique sur la surface foliaire ($F=563.4562, p<0.001$). Les plantes irriguées de manière faible avaient la surface foliaire plus grande que ceux de manière moyenne.

Tableau 9: Analyse de la variance de la surface foliaire

	F	p
Situation hydrique	563,4562***	0,0000

Les résultats indiquent une différence significative dans la surface foliaire entre les deux groupes (ADH, SDH). Les plantes soumises aux conditions d'irrigation normale présentent une surface foliaire nettement plus petite que celles cultivées dans les conditions de stress hydrique.

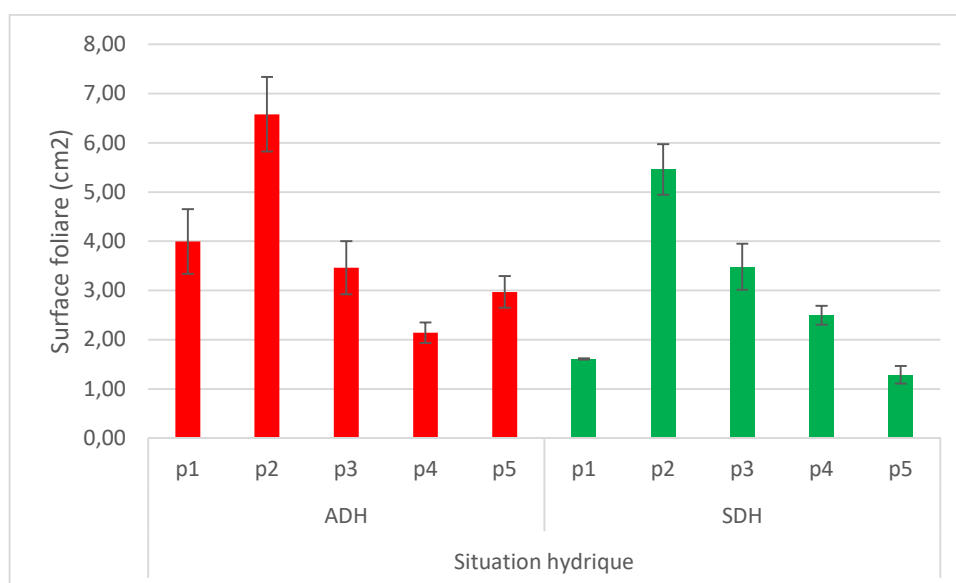


Figure 18: Variation de la surface foliaire en fonction de la situation hydrique et la plante

II. Les paramètres biochimiques

II.5. Taux de chlorophylle (SPAD)

Les résultats d'étude indiquent une différence significative dans les taux de chlorophylle entre les plantes cultivés dans les deux conditions hydriques. Les résultats de l'analyse de la variance de taux de chlorophylle sont présentés dans le tableau 10. Les situations hydriques présentent des variations significatives ($P \leq 0,05$).

Les plantes soumis au stress hydrique (ADH) présentent un taux de chlorophylle nettement plus faibles que ceux cultivés dans des conditions d'irrigation normales (SDH).

Tableau 10: Analyse de la variance de taux de chlorophylle (SPAD)

	F	p
Situation hydrique	14,7323***	0,004959

Les plantes soumis aux conditions normales (SDH) présentent un taux de chlorophylle nettement plus faible que ceux cultivés dans des conditions de stress hydrique (ADH) (figure 19).

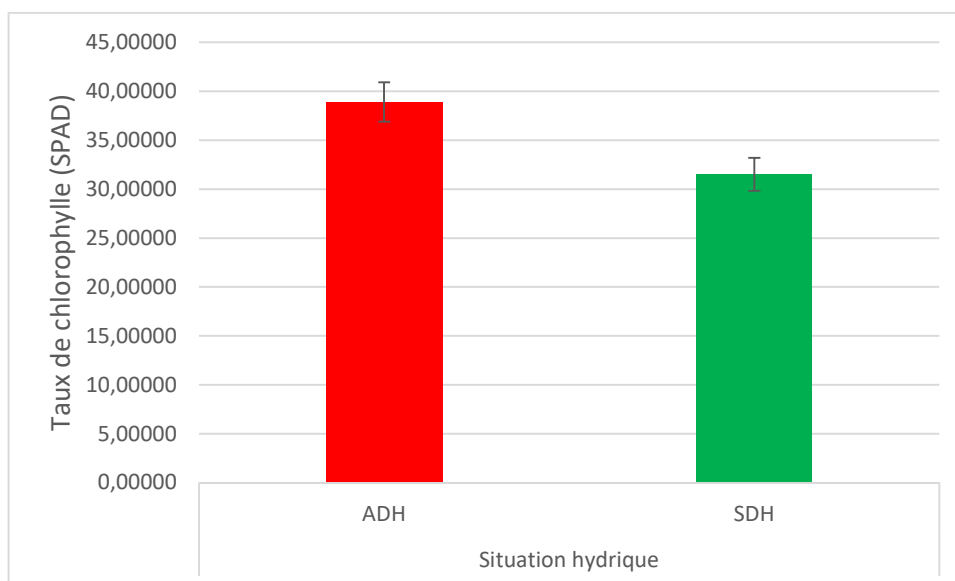


Figure 19: Variation de taux de chlorophylle (SPAD) en fonction de la situation hydrique

II.6. Teneur en sucre soluble (g/100gMF)

Le tableau 11 présente les résultats de l'analyse teneur en sucre soluble. Les variations dans les situations hydriques sont importantes ($P \leq 0,05$). Les plantes ont été cultivées dans deux conditions hydriques ADH et SDH.

Les résultats indiquent une différence significative dans la teneur en sucres solubles entre les plantes cultivées dans les deux conditions. Les plantes soumises au stress hydrique présentent une teneur en sucres solubles nettement plus élevée dans des conditions d'irrigation normale.

Tableau 11 : Analyse de la teneur en sucre soluble (g/100gMF)

	F	p
Situation hydrique	13,416***	0,006

La teneur en sucres soluble augmente lorsque la situation hydrique est complexe (avec déficit hydrique) (figure 20).

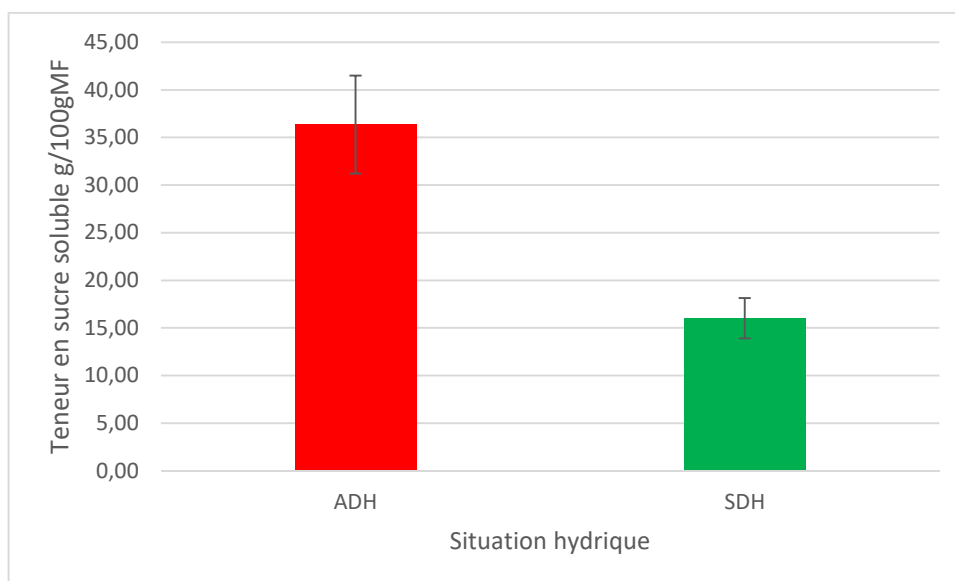


Figure 20: Variation Teneur en sucre soluble (g/100gMF) en fonction de la situation hydrique

4. Discussion

Discussion

L'Algérie a une importante source de richesse en ressources phytogénétiques et cela grâce à sa situation géographique et à sa diversité pédoclimatique. La diversité génétique est une source pour augmenter et stabiliser la production face aux maladies et aux fluctuations de l'environnement qui caractérisent le climat méditerranéen de notre pays, il serait donc intéressant de caractériser nos ressources génétiques.

Moringa Oleifera a une importance considérable dans de nombreuses régions. Elle est utilisée pour lutter contre la malnutrition, en raison de sa richesse en nutriments essentiels. Les feuilles, les graines et les gousses sont des sources précieuses de nourriture et de revenus pour les communautés locales.

Cet arbre est particulièrement apprécié pour sa capacité à résister à des conditions environnementales difficiles, notamment le déficit hydrique. Cette étude examine les caractéristiques de *Moringa Oleifera*, son adaptation au stress hydrique, et les bénéfices que sa culture peut apporter dans des environnements arides et semi-arides.

Cette étude traite l'effet de stress hydrique sur les paramètres morphologique et physiologique et le comportement de la plante de *Moringa Oleifera*.

Selon Durand et Jean (2007), le manque d'eau a un impact sur la photosynthèse, ce qui restreint l'énergie disponible pour la croissance, y compris la croissance en hauteur. Les résultats obtenus durant ce travail confirme ces effets. En quête d'eau, la plante peut s'étendre, ce qui donne l'impression d'être plus grande. Toutefois, cette augmentation est fragile et ne présente pas les mêmes avantages qu'une augmentation normale

L'étude de nombre de feuille totale de la plante de *Moringa Oleifera* dans les deux situations hydriques SDH ET ADH a montré que le stress hydrique peut effectivement conduire à une augmentation du nombre de feuilles chez *Moringa Oleifera*. Ainsi, (KHATRI et al., 2024) ont observé que les plants de *Moringa Oleifera* soumis à un stress hydrique modéré avaient un nombre de feuilles légèrement supérieur à celui des plants bien irrigués.

En ce qui concerne la longueur des feuilles de *Moringa Oleifera*, les résultats obtenus montrent qu'elle est généralement plus élevée dans les situations avec déficit hydrique que dans les situations sans déficit hydrique. Selon des recherches, il a été démontré que le stress hydrique peut avoir un impact limité sur la longueur des feuilles de *Moringa Oleifera*, ou même entraîner une légère augmentation dans certains cas.

Par exemple, (AGBO et al., 2019) ont constaté que la taille des *Moringa Oleifera* n'était pas significativement impactée par un stress hydrique modéré, mais a légèrement augmenté lors d'un stress hydrique sévère.

Cette augmentation peut être une réponse adaptative de la plante qui augmente sa surface foliaire afin de capter davantage d'eau dans un environnement sec.

D'après certaines recherches, il a été démontré que les feuilles des plantes soumises à un stress hydrique peuvent être plus grandes que celles des plantes cultivées normales.

À titre d'illustration, (AGBO et al., 2019) ont constaté que les feuilles des plantes de *Moringa Oleifera* qui étaient soumises à un stress hydrique modéré étaient légèrement plus grandes que celles des plantes bien arrosées. Selon eux, cela pourrait résulter d'une augmentation de la surface des feuilles afin de compenser la diminution de la photosynthèse due au stress hydrique.

Plusieurs recherches ont en effet démontré une croissance de la surface foliaire chez les plantes de *Moringa Oleifera* exposées à un stress hydrique modéré.

À titre d'exemple, (AKHTAR et al., 2018) ont constaté que les plantes soumises à un stress hydrique présentaient une surface foliaire 17% supérieure à celle des plantes bien arrosées. On pourrait expliquer cette augmentation par un mécanisme de compensation qui vise à optimiser l'absorption d'eau par la plante.

En améliorant le nombre et la largeur de ses feuilles, la plante accroît sa surface foliaire de manière significative. Exclamation. Cela lui donne la possibilité de capturer davantage de lumière solaire et de réaliser une photosynthèse plus performante, ce qui lui permet de générer davantage d'énergie pour faire face au stress.

En examinant la concentration totale de chlorophylle dans les feuilles de *Moringa*, on observe une augmentation de la concentration de chlorophylle en réponse au stress hydrique, ce qui est en accord avec la capacité des plantes à s'adapter aux conditions environnementales où l'eau est limitée. Ces résultats s'opposent aux résultats de (SINGH et al., 2011) qui démontrent que le stress hydrique entraîne une diminution du taux de chlorophylle.

Les feuilles de *Moringa* présentent une augmentation de la quantité de sucre soluble en réponse au stress hydrique, ce qui suggère une accumulation accumulée de sucre comme une stratégie adaptative de la plante pour faire face aux conditions sectaires.

5. Conclusion générale

Les conclusions tirées de ce travail sont les suivantes :

1. le déficit hydrique favorise une croissance en hauteur plus marquée chez les jeunes plants de *Moringa Oleifera*, ce qui peut être une réponse adaptative pour maximiser l'accès à la lumière dans des conditions environnementales.

2. le stress hydrique entraîne une augmentation du nombre de feuilles chez les plantes de *Moringa Oleifera*, mettant en évidence leur capacité à ajuster leur croissance et leur développement en réponse aux conditions environnementales.

3. le déficit hydrique conduit à une augmentation de la longueur des chez *Moringa Oleifera*, ce qui peut être une adaptation pour maximiser l'efficacité photosynthétique et assurer la survie des plantes dans des environnements où l'eau est limitée.

4. le déficit hydrique conduit à une augmentation de la largeur des chez *Moringa Oleifera*, mettant en évidence une stratégie adaptative pour maximiser l'efficacité photosynthétique et présente d'autres limitations imposées

5 Les plantes soumises aux conditions de stress hydrique (ADH) présentent une surface foliaire nettement plus grande que celles cultivées dans des conditions d'irrigation normales (SDH). Cette différence marque une réponse adaptative des plantes de *Moringa Oleifera* au stress hydrique, où une augmentation de la surface foliaire peut être une stratégie pour maximiser la capture de lumière et maintenir la photosynthèse malgré des conditions environnementales contraignantes.

6. le stress hydrique conduit à un taux de chlorophylle plus élevé chez *Moringa Oleifera* par rapport aux plantes cultivées dans des conditions d'irrigation normales. Cela reflète une adaptation des plantes pour maximiser l'efficacité photosynthétique et améliorer leur survie dans des environnements où les ressources en eau sont limitées. Cette adaptation pourrait jouer un rôle crucial dans la capacité de la plante à répondre et à prospérer face aux variations climatiques et aux conditions environnementales changeantes.

7. le stress hydrique conduit à une augmentation de la teneur en sucres solubles chez *Moringa Oleifera*, ce qui pourrait contribuer à renforcer la résistance des plantes aux conditions de stress hydrique et à favoriser leur survie dans des environnements où les ressources.

6. Références bibliographiques

A

- ABABSIA, Y., & NECIR, N.(2009) *Evaluation de l'effet de stress salin sur quelques paramètres morpho-physiologiques et biochimiques sur deux variétés de Chenopodium quinoa Willd* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA).
- Agbo, CC, Mahmoud, QH et Eklund, JM (avril 2019). La technologie blockchain dans les soins de santé : une revue systématique. Dans *Healthcare* (vol. 7, n° 2, p. 56). MDPI.
- AgroconsultHaitis, S. A. (2016). Analyse des Potentialités de l' Exploitation du Moringa en Haïti. *Ministère de l'agriculture, des ressource naturelles et du développement rural (Marndr)*.
- Akhtar., Younis, A., , MS, Riaz, A., Zulfiqar, F., Qasim, M., Farooq, A., ... et Bhatti, ZM (2018). Amélioration de la production de fleurs coupées et de bulbes grâce à l'application d'extraits de feuilles de moringa exogènes sur des cultivars de glaïeuls. *ActaScientiarumPolonorumHortorumCultus* , 17 (4), 25-38.
- AMIR, E., BAHRI, H., & DAIB, Z. (2023). Effet du prétraitement des graines du Moringa Oleifera sur la germination et caractérisation morphologique et biochimique des jeunes plants sous stress hydrique
- Attia, F. (2007). *Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénologique de la vigne Vitisvinifera L.: étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées* (Doctoral dissertation).
- Aubert, Y. (2011). *Rôles de deux protéines à EF-Hand dans les réponses au stress hydrique et à l'acide abscissique. Analyse fonctionnelle de RD20, une caléosine et de CML9, une forme divergente de calmoduline* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- AYITI, R. M. D. (2016). Analyse des Potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haïti. *Rapport du Ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural (MARNDR) et Banque de la République d'haïti (BRH)*.

B

- BELKACEMI, M., CHAIBI, S., & KACI, Z. (2022). Tests phytochimiques et évaluation de quelques activités biologiques de l'extrait méthanolique de Moringa oleiferaLam.
- BENAHMED, F. (2010). *Stress oxydatif chez des plantules de Vicia faba L. soumises à différentes contraintes abiotiques: stress salin, stress hydrique et stress aux métaux lourds* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- BENNANE, S. (2016). *Les Ectomycorhizes du chêne liège: effet des facteurs environnementaux* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Bentata, M., &Nateche, B. (2021). Etude de l'effet de la durée de stockage sur la viabilité et le déroulement de la phase de germination chez quelques variétés de blé dur (triticumdurumDesf).
- Boudjabi, S. (2022). Plante dans son environnement.

- BOUDJENDLIA ,N.D& OUDINA ,H.(2020). Etude phytochimique et évaluation des activités biologiques du *Moringa oleifera* : étude théorique
- Bourennani, S., & Temzi, M. (2023). *Extraction et caractérisation de la fraction lipidique de la graine de Moringa oleifera* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Bouthier, A., Dejean, C., Dubocs, F., Heckenroth, J. V., Madoux, A. R., Ruelle, P., & Urruty, N. (2022). GESTION TACTIQUE DE L'IRRIGATION À L'ÉCHELLE DE LA PARCELLE. *Guide pratique de l'irrigation*, 26.

• *C*

- Chabane, M. (2012). Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie?. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. Territory in movement Journal of geography and planning*, (14-15), 73-91.
- Chouard, P. (1948). Les progrès récents dans la connaissance et l'emploi des substances de croissance. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 28(307), 189-203.
- Constantin, J., Debaeke, P., & Willaume, M. (2014). Quelles stratégies agronomiques pour une gestion optimale de la ressource en eau du sol en système pluvial?. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France* 4 (100), 57-58.(2014).
- Couplan, F. (2020). *Ce que les plantes ont à nous dire*. Éditions Les Liens qui libèrent.

• *D*

- DADA Warda, D. K(2021). Contribution à l'étude du potentiel hypoglycémiant du *Moringa* chez les patients diabétiques de la région d'Adrar. Université Ahmed Draïra Adrar Faculte.
- Dardeau, F. (2014). *Modulation de la manipulation du peuplier par le puceron lanigère, Phloeomyzus passerinii (Sign.), via la résistance de l'hôte et l'environnement* (Thèse de doctorat, Université d'Orléans).
- Delci, D., & Cherifi, Y. (2022). *Agriculture de montagne, stress hydrique et impacts sur l'environnement* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- DURAND, Jean Louis. Les effets du déficit hydrique sur la plante: aspects physiologiques. *Fourrages*, 2007, vol. 190, p. 181-195.

• *F*

- Fendi, I., Mohamedi, K., & Saadani, H. (2019). *Amélioration de la tolérance des plantes de blé dur au stress salin par l'apport de microbiote racinaire PGPR isolée des écosystèmes steppiques* (Doctoral dissertation, université ibn khaldoun-tiaret).
- Foidl, N., Makkar, HPS et Becker, K. (2001). Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie. *Actes du séminaire sur Moringa oleifera* du , 29 .
- Fortin, J. A., Piché, Y., & Plenchette, C. (2016). Les mycorhizes: l'essor de la nouvelle révolution verte.
- Fournier, J. M. (2001). L'eau dans les villes d'Amérique latine.

• *G*

- GAID, S. (2021). *Effet intra spécifique du stress salin sur le comportement physiologique, biochimique, hydrique et microbiologique du pois chiche (Cicer arietinum L)* (Doctoral dissertation).

• *H*

-
- Hêdji, C. C., Gangbazo, D. K., Houinato, M. R., & Fiogbé, E. D. (2014). Valorisation de Azollaspp, Moringa oleifera, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique. *Journal of Applied Biosciences*, 81, 7277-7289.
 - Houndji, B. V. S., Ouetchehou, R., Londji, S. B. M., Eamouzou, K. S. S., Yehouenou, B., & Ahohuendo, C. B. (2013). Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la poudre de feuilles de Moringa oleifera (Lam.), un légume feuille traditionnel au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(1), 75-85.
 - **I**
 - Idrissa, S. A. N. O. G. O., & Amara, S. I. S. S. O. K. O. (2020). *Contribution à l'étude phytochimique et l'activité antioxydante des extraits de Moringa oleifera de la région de Bamako au Mali* (Doctoral dissertation).
 - **J**
 - Jalil, M. (2023). [Par ailleurs] Maroc: du stress hydrique... à la détresse?. *Sésame*, (1), 4-4.
 - Jean-Louis Stéphanie, ASTIER, Raouti, BERROKIA, , BOUSCARAIN, Alexandra, CCD, Pierre, LIBES, Gérard, LIGORA, ... & Armelle, FERRY (2021). BOUSCARAIN. *Débat*, 5, 08-12.
 - **K**
 - Kahane, R., Temple, L., Brat, P., & De Bon, H. (2005). Les légumes feuilles des pays tropicaux: diversité, richesse économique et valeur santé dans un contexte très fragile.
 - KALI, S., KACEM, T., RAHMANI, I., & BOUSLAH, Y. (2023). *L'influence des extraits du Moringa sur la flore de la gorge* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR).
 - Khatri, K., Negi, B., Bargali, K. et Bargali, SS (2024). Évaluation toxicologique de l'Ageratinaadenophora envahissante sur l'efficacité de la germination et de la croissance des espèces d'arbres et de cultures indigènes de Kumaun Himalaya. *Écotoxicologie*, 1-12.
 - Kraimat, M. (2012). *Caractérisation de la variabilité génétique associée à la fixation symbiotique de l'azote et à la biodisponibilité du phosphore chez l'arachide (Arachishypogaea L.)* (Doctoral dissertation).
 - **L**
 - Laouina, A. (2001). Compétition irrigation/eau potable en region de stress hydrique: le cas de la region d'Agadir (Maroc). *Interdependency between agriculture and urbanization: Conflicts on sustainable use of soil and water*. Bari: CIHEAM, 17-31.
 - Lenne, C. (2024). L'arbre, un allié de bois (et de poids!). *Après demain*, (4), 13-16.
 - LOUNI, S. (2009). *Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de graines de Moringa oleifera* (Doctoral dissertation).
 - LOUNI, S. (2009). *Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de graines de Moringa oleifera* (Doctoral dissertation).
 - Lysiak, O., & Clement, C. (2020). DES RÉSULTATS SUR LES RACINES PROFONDES VIENNENT RENFORCER L'AVENIR DE L'AC. *Techniques CulturellesSimplifiées*, 4-10.
 - **M**
 - Maevalandy, A. R. (2006). La monographie de Moringa oleifera. *Antanarivo (Madagascar) Juillet*, 16p.
-

- MAKKAR, H. P S, Becker, K, & Schmook, B. (1998). Edible provenances of *Moringa Oleifera* with emphasis on their nutritional factors. Food and nutrition Bulletin, 19(3), 224-230.
- Mallenakuppe, R., Homabalegowda, H., Gouri, MD, Basavaraju, PS et Chandrashekharaiyah, UB (2015). Histoire, taxonomie et propagation de *Moringa oleifera* – une revue. *cultures*, 3 (3.28), 3-15.
- Manceur, Y., & Djaballah, S. (2016). *Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa* (Doctoral dissertation, Université Larbitebessa).
- Manuel Reis, (2023) M. *Moringa*: bienfaits, effets indésirables et comment consommer.
- Marok, M. A. (2014). *Implication des mécanismes antioxydants enzymatiques et non enzymatiques dans la tolérance au stress hydrique chez deux variétés d'orge, Saïda et Express* (Doctoral dissertation).
- Mathieu, D (2015). Ebenaceae-Ébénacées.
- Méthot, J. (2016). *Évaluation du potentiel de croissance et de rendement d'une culture de tomates biologiques cultivées dans une serre climatisée à l'aide d'un système géothermique* (Doctoral dissertation, Université Laval).
- Moller, K. (1998). Technical sheets for various multiple use tree and shrub species recommended for the Central Menabe region of Madagascar.
- Moussa, A Garine, E., Raimond, C., Dounias, E., & Kokou, K. (2007). Usages alimentaires du parc arboré sélectionné (Duupa, massif de Poli, Nord-Cameroun). *Ressources vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad. Paris: IRD*, 63-86.
- Mozas, M., & Ghosn, A. (2013). État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. *Institut de Perspective Économique du Monde Méditerranéen (IPMED)*, 27.
- $\mathcal{N}$
- Nedjla, C. H. E. R. I. E. R. (2022). *Évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait d'une plante utilisée en médecine traditionnelle en Algérie* (Doctoral dissertation, university center of abdalhafidboussouf-MILA).
- Nessah, A., & Zadet, F. E. H. (2021). Contribution à l'étude de l'effet du stress hydrique sur la germination du blé dur (*triticum durum* Desf).
- $\mathcal{O}$
- Olivier, L. (2024). *L'abîme sombre du temps : archéologie et mémoire*. Rowman et Littlefield.
- $\mathcal{R}$
- Ramel, F. (2009). *Implication des sucres solubles dans les réponses aux stress xénobiotique et oxydatif chez Arabidopsis thaliana* (Doctoral dissertation, thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France. 231p).
- Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U., & Stimm, B. (2009). *Moringa oleifera* LAM., 1785. *Sea*, 10(10), 1-8.
- $\mathcal{S}$
- SAGGAI, S. (2008). *Réduction de l'évaporation des plans d'eau par les films monomoléculaires en zones arides* (Thèse de doctorat).
- Saint Sauveur, A. D., & Broin, M. (2010). Produire et transformer les feuilles de moringa.
- Saint Sauveur, A. D., & Broin, M. (2010). Produire et transformer les feuilles de moringa.

-
- Singh, R., Parihar, P.,Sing, M., Bhandari, K.,& Mishra, R. K. (2011). “Effetg of water stress on chlorophyll content and photosynthetic pigments in *Moringa Oleifera* Lam.”*Journal of Plant Interactions*, 6(4), 297-301)
 - *W*
 - WADJEDI, B. (2020). Contribution à l’inventaire de l’entomofaune de la région de Guelma (Etude et synthèse).
 - WOLFRANG, WENRONG. (2024). De l'ordre à l'harmonie: L'éveil d'un monde nouveau. BoD-Books on Demand.
 - WOLFROM, N. (1993). LE MORINGA OLEIFERA, état des connaissances, programme d’investigations complémentaires.
 - *y*
 - Yang, R. Y., Chang, L. C., Hsu, J. C., Weng, B. B., Palada, M. C., Chadha, M. L., &Levasseur, V. (2006). Propriétés Nutritionnelles et Fonctionnelles des Feuilles de Moringa; Du Germoplasme, à la Plante, à l’aliment et à la santé. *Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel: Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique*, 16-18.
 - *Z*
 - Zella, L., &Smadhi, D. (2010). La pénurie d’eau dans les pays arabes et la nécessité de l’utilisation des eaux non conventionnelles. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (8).
-